

DaimlerChrysler AG

Verfahren zur Ansteuerung eines Thermostaten

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ansteuerung eines Thermostaten, insbesondere in einem Kühlsystem eines Kraftfahrzeugs.

Eine gattungsbildende Kühlanlage und ein gattungsbildendes Verfahren zum Betrieb der Kühlanlage ist aus der DE 44 09547 C2 bekannt. Mit dieser Kühlanlage können abhängig von bestimmten Betriebsparametern des Fahrzeuges zwei verschiedene Kühlmitteltemperaturen eingeregelt werden. Die beeinflussenden Betriebsparameter sind hierbei die Fahrzeuggeschwindigkeit, der Lastzustand des Verbrennungsmotors und die Ansauglufttemperatur. In Abhängigkeit der vorgenannten Parameter wird mit einem Steuerungsalgorithmus entschieden, auf welches Temperaturniveau das Kühlmittel geregelt werden soll. Die Ansteuerung des Thermostaten im Kühlkreislauf erfolgt hierbei mit einem Steuergerät, in das der Steuerungsalgorithmus implementiert ist. Als Temperaturniveaus sind 90°Celsius oder 110°Celsius vorgesehen.

Die vorbekannten Zweipunktregelungen neigen zum Schwingen. Dies Problem tritt immer dann auf, wenn die Einflussgrößen und deren Auswertung in einem Wertebereich liegen, in dem bei geringster Änderung der Einflussgrößen der Steuerungsalgo-



rithmus auf das jeweils andere Temperaturniveau regelt. Außerdem lassen vorbekannte Verfahren die Außentemperatur, sprich die Umgebungstemperatur, unberücksichtigt, obwohl die Umgebungstemperaturen stark schwanken können und bei extremen Wetterlagen einen großen Einfluss auf die Motortemperatur und die mögliche Kühlleistung des Kühlsystems haben.

Das Problem des Schwingens wurde bereits in der EP 0744538 A2 erkannt. Zur Lösung wird eine adaptive Regelung vorgeschlagen. Es wird vorgeschlagen, die Systemantwort auf eine Sprungfunktion hin auszuwerten und daraus die Regelparameter adaptiert zu adaptieren.

Erfindungsgemäße Aufgabe ist es daher ein Verfahren zur Ansteuerung eines Thermostaten anzugeben, das nicht zum Schwingen neigt und das die Umgebungstemperatur mitberücksichtigt.

Die Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen von Anspruch 1. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen und in der Beschreibung der Ausführungsbeispiele enthalten.

Die Lösung gelingt hauptsächlich mit einer adaptiven Regelung der Pulsweitenansteuerung für die Betätigungselemente an den Ventilen des Thermostaten. Unter Einbeziehung der aktuellen Umgebungstemperatur wird zunächst mit einer zuvor ermittelten und abgespeicherten Grundadaption möglichst schnell das anzustrebende Temperaturniveau im Kühlmittelkreislauf angestrebt. Es sind je nach Lastzustand und Umgebungsbedingungen drei verschiedene Temperaturniveaus als Sollgrößen für die Einregelung der Kühlmitteltemperatur vorgesehen. Nach erstmaligem Erreichen der nach dem Start aktuell anzustrebenden Kühlmitteltemperatur wird die Regelung auf eine Feinadaption umge-



stellt. Mit der Feinadaption wird die aktuell einzuregelnde Kühlmitteltemperatur in Abhängigkeit der Solltemperatur und der Außentemperatur möglichst konstant gehalten. Ändert sich auf Grund einer Änderung des Lastzustandes des Motors die von der Regelung anzustrebende Solltemperatur des Kühlmittels wird das neu anzustrebende Temperaturniveau mit der Feinadaption eingestellt. Die hat den Vorteil, dass bei der Inbetriebnahme des Kraftfahrzeugs mit den Einstellungen der Grundadaption sofort die aktuell einzuregelnde Kühlmitteltemperatur angefahren werden kann.

Weicht die von der Grundadaption eingestellte Kühlmitteltemperatur von der Solltemperatur ab, wird mit der Feinadaption nachgeregelt. Die mit der Feinadaption gefundenen Einstellungen werden hierbei in regelmäßigen Zeitabschnitten von z.B. 100 Sekunden abgespeichert und mit den neu gefundenen Einstellungen die Einstellungen der Grundadaption überschrieben. Damit gelingt eine Anpassung der Grundadaption an die aktuell herrschenden Umgebungsbedingungen sowie an den Fahrstil des Kraftfahrzeugführers. Die neu gefundenen Einstellungen werden hierbei spezifisch für jedes der drei vorgegebenen Temperaturniveaus von 80 °C, 90 °C und 105 °Celsius getrennt ermittelt und abgelegt. Es sind in der Grundadaption also jeweils Einstellungen für das Temperaturniveau von 80 °C, für das Temperaturniveau von 90 °C und für das Temperaturniveau von 105 °Celsius vorhanden.

In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung werden die abgespeicherten Einstellungen der Grundadaption mit einer Korrekturfunktion an die Umgebungstemperatur angepasst. Diese Korrektur erfolgt immer dann, wenn sich die Umgebungstemperatur um ein vorgegebenes Temperaturintervall von z.B. 8 °Celsius geändert hat und wenn zeitlich das Kraftfahrzeug für eine vorgegebene Mindestzeit von z.B. 2 Stunden außer Betrieb



war. Die Korrektur erfolgt hierbei unmittelbar bei Neustart des Fahrzeuges, noch bevor die Grundadaption einsetzt. Die Grundadaption setzt deshalb bei erheblich veränderten Umgebungsbedingungen, wenn z.B. das Fahrzeug über nacht abgestellt wurde, bereits mit korrigierten Einstellungen ein, so dass nicht erst lange mit der Feinadaption neue Einstellungen gefunden werden müssen. Dieser Vorteil ist dann von Bedeutung, wenn z.B. das Kraftfahrzeug an einem heißen Tag abgestellt wurde und an einem folgenden, kühleren Tag wieder in Betrieb genommen wird. In diesem Fall setzt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren im Gegensatz zu anderen adaptiven Regelungen, wie z.B. in der EP 0744538 A2, die auf die zuletzt verwendeten Regelungsparameter zurückgreifen die Grundadaption bereits mit den angepassten Regelparametern ein, so dass nicht erst neue Regelparameter für die neuen Umgebungsbedingungen gefunden werden müssen.

Ein weiterer Vorteil einer voreingestellten Grundadaption ergibt sich bei dem Einsatz eines Kraftfahrzeuges in unterschiedlichen Klimazonen. Hier kann mit einer auf die jeweilige Klimazone abgestellten Grundadaption eine optimale Anpassung der Kühlanlage des Fahrzeuges an die jeweilige Klimazone vorgenommen werden. Die täglichen Temperaturschwankungen und die veränderlichen Lastbedingungen des Motors werden mit der Feinadaption ausgeregelt.

In einer vorteilhaften Ausführungsform verfügt das erfindungsgemäße Verfahren über eine Rückfallebene, derart dass bei Ausfall der beiden Adaptionsstufen, die Kühlmittelregelung von einem Proportionalregler übernommen wird.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in der Möglichkeit gesehen, im Unterschied zum Stand der Technik drei verschiedene Temperaturniveaus für die Kühlmitteltempe-



ratur einregeln zu können. Die hat den Vorteil, dass die Motortemperatur sowohl besser an die Umgebungsbedingungen als auch besser an den Lastzustand des Motors angepasst werden kann.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgen an Hand von Figuren näher erläutert. Dabei zeigen:

- Fig. 1     Schematisch ein Kühlsystem mit den für die Erfindung wichtigsten Einflussgrößen;
- Fig. 2     Eine vereinfachte Matlab-Simulink Darstellung für die Bestimmung des einzuregelnden Temperaturniveaus;
- Fig. 3     Eine vereinfachte Matlab-Simulink Darstellung der adaptiven Regelung.

Figur 1 zeigt schematisch ein typisches Kühlsystem für einen Sechszylinder-Verbrennungsmotor 1. Neben dem Verbrennungsmotor sind in das Kühlsystem ein Fahrzeugkühler 2 und ein Heizungswärmetauscher 3 integriert. Die Kühlleistung des Fahrzeugkühlers kann mit einem elektrisch angetriebenen Lüfter 4 beeinflusst werden. Zur Regulierung der Lüfterleistung wird der elektrische Motor des Lüfters mit einem Steuergerät 5 geregelt. Aus dem Fahrzeugkühler wird mittels der Vorlaufleitung 6 gekühltes Kühlmittel entnommen und mit der Kühlmittelpumpe 7 in die Kühlleitungen 8 zur Speisung der nicht näher dargestellten Kühlkanäle für die Verbrennungszyylinder 9 eingespeist. Von den Verbrennungszyindern 9 wird das erhitzte Kühlmittel über Rückleitungen 10 zu einem Drei-Wege-Thermostaten 11 geführt. Je nach Stellung der Ventile in dem Drei-Wege-Thermostaten 11 gelangt das Kühlmittel aus dem Verbrennungsmotor über den Kühlerrücklauf 12 wieder zurück in den Fahrzeugkühler oder



über den Kühlerkurzschluss 13 und die Kühlmittelpumpe 7 wieder zurück in die Kühlleitungen 8 des Verbrennungsmotors.

Je nach Stellung der Ventile im Drei-Wege-Thermostaten 11 kann das Kühlsystem hierbei in an sich bekannter Weise im Kurzschlussbetrieb, im Mischbetrieb, oder im großen Kühlkreislauf gefahren werden. Der Heizungswärmetauscher 3 ist über ein temperaturgesteuertes Absperrventil 14 an den Hochtemperaturzweig des Kühlsystems im Verbrennungsmotor angeschlossen. Der Durchsatz nach Öffnen des Absperrventils 14 durch den Heizungswärmetauscher kann zur Regulierung der Heizleistung mit einer zusätzlichen elektrischen Kühlmittelpumpe 15 und einem getakteten Absperrventil 16 reguliert werden.

Die Ansteuerung der Betätigungselemente an den Ventilen des Drei-Wegethermostaten 11 wird hierbei von dem Steuergerät 5 eingestellt. In dem Steuergerät ist ein logisches Bauelement Logik in Form einer mikroelektronischen Recheneinheit enthalten. Vorzugsweise wird das Steuergerät durch das Steuergerät der Motorelektronik gebildet. In dem logischen Bauelement sind die in den Figuren 2 und 3 skizzierten Steuerungsalgorithmen in Form von Softwareprogrammen implementiert. Die wichtigsten Betriebsdaten für die Adaption der Regelparameter sind hierbei: die Kühlmittel-Ist-Temperatur, die Kühlmittel-Soll-Temperatur, die Außenlufttemperatur, das PWM-Tastverhältnis zur Ansteuerung der Ventile und eine Fehlererkennung Failsafe zur Aktivierung einer Rückfallebene bei Ausfall der Regelung.

Fig. 2 zeigt eine vereinfachte Matlab-Simulink Darstellung für die Software Architektur und den Signalflussplan zur erfindungsgemäßen Bestimmung der einzuregelnden Kühlmitteltem-



peratur. Die Eingangssignale Ansauglufttemperatur 21, Mass Air Flow 22, Fahrertypklassifizierung 23, Motordrehzahl 24, Kraftstoffeinspritzmenge 25 und Außenlufttemperatur 26 werden mit einer fünfstufigen Entscheidungskaskade weiterverarbeitet und daraus die auf die aktuellen Betriebsparameter abgestimmte Kühlmittelsolltemperatur 27 bestimmt. Jede Stufe der Entscheidungskaskade besteht aus einem EDV-Programm zur Entscheidung und Berechnung einer Solltemperatur in Abhängigkeit der programmtechnischen Eingangsgrößen. Die einzelnen Softwareprogramme werden im folgenden als Module bezeichnet.

Die fünfstufige Entscheidungskaskade besteht hierbei bei Motoren mit Kanaleinspritzung aus den Modulen KE\_ECT (für Kanaleinspritzer Engine Cooling Temperature), ECT\_FTK (für Engine Cooling Temperatur nach Fahrertypklassifizierung), ECT\_AT (für Engine Cooling Temperatur nach Ansauglufttemperatur), ECT\_VehSpd (für Engine Cooling Temperatur Vehicle Speed) und dem Modul ECT\_ExtAir (für Engine Cooling Temperature Extern Airtemperature).

Bei direkt einspritzenden Motoren wird die Kraftstoffmenge aus der Einspritzmenge bestimmt. Bei diesen Motoren wird an Stelle des Moduls KE\_ECT das Modul DE\_ECT (für Direkt Einspritzung Engine Cooling Temperature) für die Berechnung einer ersten Kühlmittelsolltemperatur TMSoll1 herangezogen. Der Steuerungsalgorithmus enthält standardmäßig beide Module, sowohl für den Kanaleinspritzer als auch für den Direkteinspritzer. Welches Modul eingesetzt wird, wird motorspezifisch durch programmtechnisches Aktivieren eines der beiden Module, eingestellt. Diese Auswahlmöglichkeit ist in dem Signalflussplan nach Fig. 2 mit dem Schaltelement 28 dargestellt. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass für die verschiedenen Arten der Gemischbildung lediglich ein Steuerungsalgorithmus



implementiert werden muss, der dann auf die jeweilige Motorversion eingestellt werden kann.

Die aus dem Kraftstoffeintrag berechnete erste Kühlmittelsolltemperatur TMSoll1 wird lastabhängig, das heißt in Abhängigkeit der Motordrehzahl EngSpd und der Kraftstoffmenge auf 105 °Celsius oder auf 80 °Celsius festgelegt. Mit dem folgenden Modul ECT\_FTK wird die erste Kühlmittelsolltemperatur TMSoll1 in Abhängigkeit der aktuellen Fahrertypklassifizierung FTK aus der Motorsteuerung gewichtet und daraus entsprechend der Fahrertypklassifizierung entweder eine Kühlmitteltemperatur von 105 °Celsius oder von 80 °Celsius bevorzugt. Die Kühlmitteltemperatur von 80 °Celsius wird bei einer sportlichen Fahrertypklassifizierung stärker gewichtet, d.h. bevorzugt ausgewählt. Ergebnis dieser Gewichtung ist eine zweite Kühlmittelsolltemperatur TMSoll2.

Nach der Fahrertypklassifikation wird in der nächsten Stufe der Entscheidungskaskade die Ansauglufttemperatur berücksichtigt. Dies erfolgt im Modul ECT\_AT. Die Erfassung der Ansauglufttemperatur dient der Erkennung einer Stausituation. Befindet sich das Kraftfahrzeug im Stau ist eine durch diesen Stau getriggerte Absenkung der Kühlmittelsolltemperatur auf 80 °Celsius oder 90 °Celsius gewünscht. Dem wird entsprochen, indem die Kühlmitteltemperatur auf einen der beiden vorgenannten Werte abgesenkt wird, wenn die Ansauglufttemperatur einen Referenzwert aus dem Temperaturintervall 40 °Celsius bis 50 °Celsius übersteigt. Ergebnis nach Berücksichtigung der Ansauglufttemperatur ist die Kühlmittelsolltemperatur TMSoll3.

Diese ermittelte Kühlmittelsolltemperatur TMSoll3 wird mit dem nächsten Modul ECT\_VehSpd in der Entscheidungskaskade unter Heranziehung der aktuellen Fahrzeuggeschwindigkeit bewer-



tet. Übersteigt die Fahrzeuggeschwindigkeit einen ersten Referenzwert, z.B. 120 km/h, wird die Kühlmitteltemperatur auf 90 °Celsius festgelegt; übersteigt die Fahrzeuggeschwindigkeit einen zweiten Referenzwert, z.B. 160 km/h wird die Kühlmittelsolltemperatur auf 80 °Celsius festgelegt.

In der letzten Stufe der Entscheidungskaskade wird die nach der Fahrzeuggeschwindigkeit bewertete Kühlmittelsolltemperatur TMSoll4 unter Heranziehung der Außenlufttemperatur bewertet und bestimmt. Hiermit können letztlich die zuvor gefundenen Kühlmittelsolltemperaturen bei Vorliegen extremer Umweltbedingungen, wie z.B. extreme Kälte, übersteuert werden und eine letztlich anzusteuernde Kühlmittelsolltemperatur TMSoll5 ermittelt werden, die als Sollgröße der Ansteuerung der Lüfters 4 und des Dreiwegethermostaten 11 vorgegeben wird. Übersteigt die Außentemperatur einen ersten Referenzwert, von z.B. 12 °Celsius, findet durch die letzte Stufe der Entscheidungskaskade keine Temperaturabsenkung statt. Eine Adaption der Kühlmittelsolltemperatur an die Außentemperatur erfolgt bei Unterschreiten des ersten Referenzwertes, von z.B. 12 °Celsius, auf eine Kühlmittelsolltemperatur von 90 °Celsius. Fällt die Außentemperatur weiter ab und unterschreitet sie einen zweiten Referenzwert, von z.B. minus 15 °Celsius, wird die Kühlmittelsolltemperatur unabhängig von den anderen Einflussgrößen auf 105 °Celsius festgelegt.

Die nach der fünften Stufe letztendlich vorliegende Kühlmittelsolltemperatur TMSoll5 wird als Sollgröße für die adaptive Regelung nach Fig. 3 unabhängig von den Eingangssignalen 21, 22, 23, 24, 25, 26 und der Fahrzeuggeschwindigkeit für einen Mindestzeitraum, von z.B. 100 Sekunden, beibehalten. Diese Haltefunktion kann z.B. mit einem Halteglied oder einer programmtechnischen Warteschleife realisiert werden. Im Signalflussplan der Figur 2 ist die Haltefunktion der ermittelten



Kühlmittelsolltemperatur durch ein zeitliches Halteglied 29 symbolisiert.

Die von der Entscheidungskaskade nach Fig. 2 ermittelte Kühlmittelsolltemperatur wird schließlich von der adaptiven Steuerung und Regelung, wie sie in Fig. 3 näher skizziert ist, weiterverarbeitet. Eingangsseitig werden der Steuerung Signalwerte angeboten für die Kühlmittelsolltemperatur TMSoll, für die Kühlmittelsttemperatur TMist, für die Außenlufttemperatur, für die einzulesenden Steuer- und Regelparameter der Grundadaption GA Parameter, für die Aktivierung der Grundadaption Aktivierung GA, für die Aktivierung der Feinadaption Aktivierung FA und für die Aktivierung der Rückfallebene Failsafe, falls die Steuerung fehlerhaft arbeitet oder ausfällt, weil z.B. eines der Eingangssignale nicht mehr zur Verfügung steht. In Figur 3 ist der Signaleingang symbolisch mit den Anschlusspins 31,32,33,34,35,36 und 37 dargestellt und mit dem entsprechenden Signalwert bezeichnet.

Die Ansteuerung für den Thermostaten 11 besteht aus dem Softwaremodul 40 für die Grundadaption, dem Softwaremodul 41 für die Feinadaption, dem Softwaremodul 42 für die Vorsteuerung der Betätigungselemente an den Ventilen des Dreiwege-thermostaten 11 und einem digital ausgeführten Proportionalregler 43, der auch als Softwaremodul ausgeführt sein kann.

Die Grundadaption wird aktiviert, wenn das Steuergerät 5 beim Start des Fahrzeugs an die Bordnetzspannung angeschlossen wird und die Kühlmittelsolltemperatur kleiner 90 °Celsius ist. Die Kühlmittelsolltemperatur geht als Entscheidungskriterium für die Aktivierung der Grundadaption ein, um eine TÜV Überprüfung der Abgasgrenzwerte nicht zu behindern. Für die gesetzlich vorgeschriebenen Abgastest werden nämlich abgasoptimale Motortemperaturen von möglichst 105 °Celsius einge-



setzt, so dass ein Einsetzen der Grundadaption zur Einregelung einer nach dem Algorithmus aus Fig. 2 ermittelten Solltemperatur von unter 105 °Celsius unterbunden werden muss. Beim Abgastest erfolgt mit anderen Worten keine Ansteuerung des Dreiwegethermostaten 11 durch die Grundadaption. Auch darf die Grundadaption nur während des Motorbetriebs aktiv sein. Wäre beispielsweise die Grundadaption im Motorstillstand aktiv, würde dies im Falle einer Selbstadaption der Grundadaption an die überwiegend vorhandenen klimatischen Umgebungsbedingungen die Adaptionswerte in Form der Grundadaptionswerte GA\_Parameter an Klemme 34 verfälschen.

Eine Selbstresetfunktion der GA\_Parameter kann z.B. mit dem Untermodul GA\_Reset nach Fig. 4 erfolgen. Dieses Untermodul ist in das Softwaremodul 40 zur Grundadaption integriert. In diesem Untermodul wird die Regelabweichung der Kühlmitteltemperatur von der Kühlmittelsolltemperatur mitregistriert und aufintegriert. Überschreitet das Integral einen bestimmten Wert, wird die Grundadaption resetiert und die Ursprungsregelparameter durch neue Regelparameter ersetzt, die z.B. aus der aufintegrierten Temperaturabweichung und dem Temperaturkennfeld der Vorsteuerung zur Ansteuerung des Thermostaten berechnet werden. Zum Start des Integrals muss die Isttemperatur einmalig innerhalb des Reglerbandes des Proportionalreglers 43 liegen. Der Reset dient dazu, bei sehr schlechten Regelparametern der Grundadaption diese zu verbessern. Mit dem Reset gelingt auch die Anpassung der Grundadaption an verschiedene klimatische Umgebungsbedingungen.

Der Korrekturfaktor für die Veränderung der Reglerparameter der Grundadaption TMGACorr wird z.B. aus der mittleren aufintegrierten Temperatur Tmean der jeweiligen Solltemperatur TMSoll von 80 °Celsius oder 90 °Celsius und der Kenngröße der Pulsweitensteuerung TMGAGrad für die Änderung der Kühlwasser-



temperatur in Abhängigkeit des Tastverhältnisses der Pulsweitensteuerung nach folgender Berechnung gefunden:

$$\text{TMGACorr} = (\text{Tmean} - \text{TMsoll}) * \text{TMGAGrad}$$

Wobei TMGAGrad die Einheit  $\%/^{\circ}\text{C}$  hat. Ein typischer Wert einer verwendeten Pulsweitensteuerung betrug 3% Erhöhung des Tastverhältnisses für 1° Temperaturabsenkung im Kühlmittelkreislauf. Für TMsoll sind die nach dem Algorithmus aus Fig. 2 ermittelten Werte für die Solltemperatur einzusetzen. Die auf diese Weise ermittelte Korrektur ist noch von der Umgebungstemperatur abhängig.

Die Abhängigkeit der Einstellungen von der Umgebungstemperatur wird mit einer weiteren Korrekturfunktion, die in dem Softwaremodul 40 für die Grundadaption integriert ist, berücksichtigt. Hierzu wird die Außenlufttemperatur an PIN 33 als digitaler Signalwert eingelesen. Mit einem Korrekturkennfeld wird der Einfluss der Außenlufttemperatur auf die Kühlleistung des Kühlsystems berücksichtigt und dementsprechend ein Tastverhältnis der Pulsweitensteuerung gewählt, das den Einfluss der Außentemperatur kompensiert. Eine Möglichkeit dieser Kompensation ist zum Beispiel, den Einfluss der Außentemperatur als multiplikativer Korrekturfaktor zur Änderung der Kühlwassertemperatur in Abhängigkeit des Tastverhältnisses TMGAGrad zu berücksichtigen. Es ist dann zweckmäßiger Weise in dem bereits erwähnten Kennfeld der Korrekturfaktor in Abhängigkeit von der gemessenen Außentemperatur zu entnehmen.

Nachdem das Steuergerät an die Bordnetzspannung angeklemmt wurde, ist die Grundadaption in der Regel für den folgenden Fahrzyklus nur einmal aktiv. Die Feinadaption 41 (Fig. 3) hingegen läuft permanent und setzt ein, nachdem die Solltem-



peratur von 80 ° Celsius oder 90° Celsius von der Grundadaptation erstmalig erreicht wurde und die Grundadaptation beendet ist. Das Erreichen der Solltemperatur kann z.B. mit einem nicht dargestellten Schwellwertkomparator festgestellt werden, der dann ein entsprechendes Startsignal Aktivierung FA auf den Eingangspin 36 der Feinadaptation 41 gibt. Im Unterschied zur Grundadaptation wird in der Feinadaptation die Korrektur durch eine zeitliche Betrachtung ermittelt. Es wird z.B. mitprotokolliert zu wie vielen Zeitanteilen der Gesamtbetriebsdauer der aktuellen Feinadaptionsphase die Isttemperatur des Kühlmittels von der Solltemperatur abgewichen ist. Daraus wird in der Feinadaptation 41 ein Korrekturwert TMFACorr berechnet, der in einer Regelschleife an die Grundadaptation 40 zurückgeschleift wird und mit dem die Ansteuerung der Vorsteuerung 42 korrigiert wird.

In der Vorsteuerung 42 wird schließlich aus dem Vorgabesignal TMGA am Ausgang der Grundadaptation 40, das die Korrekturinformation enthält, die Korrektur des Pulsweitentastverhältnisses entsprechend den Kennlinien der eingesetzten Betätigungselemente in dem Dreiwegethermostaten ermittelt und dem Reglerausgang des Proportionalreglers 43 additiv überlagert. Die Überlagerung ist symbolisch mit der Bezugsziffer 45 aus Fig. 3 dargestellt. Am Ausgang des Prozesses 30 liegt schließlich ein Tastverhältnis der Pulsweitenmodulation vor, mit dem die Betätigungselemente im Dreiwegethermostaten zu betreiben sind.

Die Regelung nach Figur 3 hat, insbesondere durch die adaptive Überlagerung von Grundadaptation und Feinadaptation auf den Ausgang des Proportionalreglers 43 den Vorteil, dass auf sehr einfache Weise eine Notlauffunktion zur Verfügung gestellt werden kann. Bei fehlerhaft arbeitender Grundadaptation oder Feinadaptation können die beiden Module einfach durch ein ent-



sprechendes Signal Failsafe symbolisch an Klemme 37 ausgeschaltet werden. Die Kühlmitteltemperatur wird dann alleine vom Proportionalregler 43 eingestellt.

Die Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen erfolgt durch Erfassen der Außenlufttemperatur mit einem entsprechenden Temperatursensor, der ein Temperatursignal eingangsseitig an Klemme 33 liefert. Diese gemessene Außenlufttemperatur wird sowohl von der Software im Proportionalregler 43, von der Software in der Grundadaption 40 als auch von der Software in der Feinadaption bei der Ermittlung der Reglereinstellungen und der Adaptionen berücksichtigt. Die Berücksichtigung erfolgt hierbei rechnerisch mittels Temperaturkennfeldern, die die Abhängigkeit der Kühlleistung von der Außentemperatur berücksichtigen. Hierdurch ist es möglich die Ansteuerung des Dreiwege-thermostaten auch auf die aktuelle Umgebungstemperatur einzustellen. Hierdurch kann insbesondere bei hohen Außentemperaturen, bei denen gegebenenfalls eine Kühlmittelsolltemperatur von 80 ° Celsius nicht mehr zu erreichen sein kann, die Adaption deaktiviert werden, da bei unmöglichen Sollvorgaben eine Adaption sinnlos würde.



DaimlerChrysler AG

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung eines Thermostaten (11), insbesondere in einem Kühlkreislauf eines Verbrennungsmotors (1), wobei mit den Ventilen im Thermostaten ein kleiner Kühlmittelkreislauf ohne Kühler (2) und ein großer Kühlmittelkreislauf mit Kühler (2) temperaturgesteuert voneinander getrennt, miteinander verbunden oder in einem Mischbetrieb mit temperaturgeregeltem Mischungsverhältnis zusammengeschaltet werden können und die Betätigungseinheiten der Ventile im Thermostaten (11) von einer Steuerung (5) angesteuert werden und durch Öffnen und Schließen der Ventile im Thermostaten eine von mehreren möglichen Kühlmittelsolltemperatur eingeregelt wird,  
d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Regelung zu jeder vorgegebenen Kühlmittelsolltemperatur eine erste und zweite Regelungsphase enthält, wobei die erste Regelungsphase in Form einer Grundadaptation (40) mit abgespeicherten Regelparametern möglichst schnell die aktuell vorgegebene Kühlmittelsolltemperatur einstellt und das nach Erreichen der jeweils aktuellen Kühlmittelsolltemperatur die zweite Regelungsphase in Form einer Feinadaptation (41) mit veränderlichen Regelparametern die aktuell vorgegebene Kühlmittelsolltemperatur möglichst konstant hält.



2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass bei einer Änderung der aktuell vorgegebenen Kühlmittelsolltemperatur, die neue Kühlmittelsolltemperatur von der Feinadaptation eingeregelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Einstellungen der Grundadaptation mit den korrigierten Einstellungen der Feinadaptation verbessert werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass beim Start des Kraftfahrzeugs die Einstellungen der Grundadaptation an die Umgebungstemperatur angepasst werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4,  
d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass beim Start des Kraftfahrzeugs die Einstellungen der Grundadaptation angepasst werden, wenn sich die Umgebungstemperatur mindestens um ein vorgegebenes Temperaturintervall geändert hat und das Kraftfahrzeug für eine vorgegebene Mindestzeit außer Betrieb war.
6. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die aktuelle Kühlmittelsolltemperatur (TMSoll) lastabhängig aus drei verschiedenen vorgegebenen Kühlmittelsolltemperaturen ausgewählt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass sowohl bei der ersten als auch bei der zweiten Rege-



lungsphase die Außenlufttemperatur (33) in die Regelung mit eingeht.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Grundadaption (40) deaktivierbar ist und insbesondere im Fehlerfall die Regelung des Kühlmittels von einer redundanten Rückfallebene mit einem Proportionalregler (43) übernommen wird.



1/4

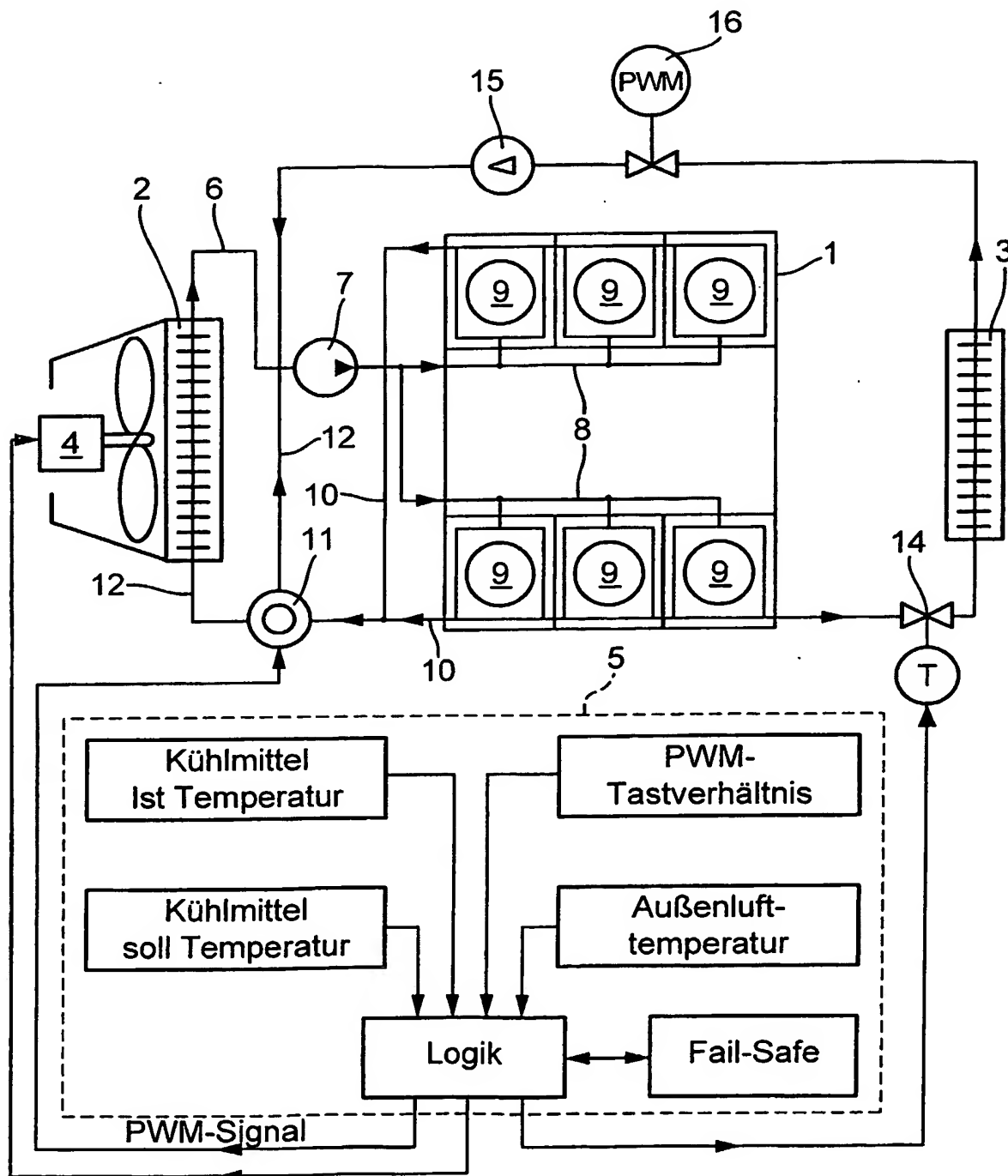


Fig. 1



2/4

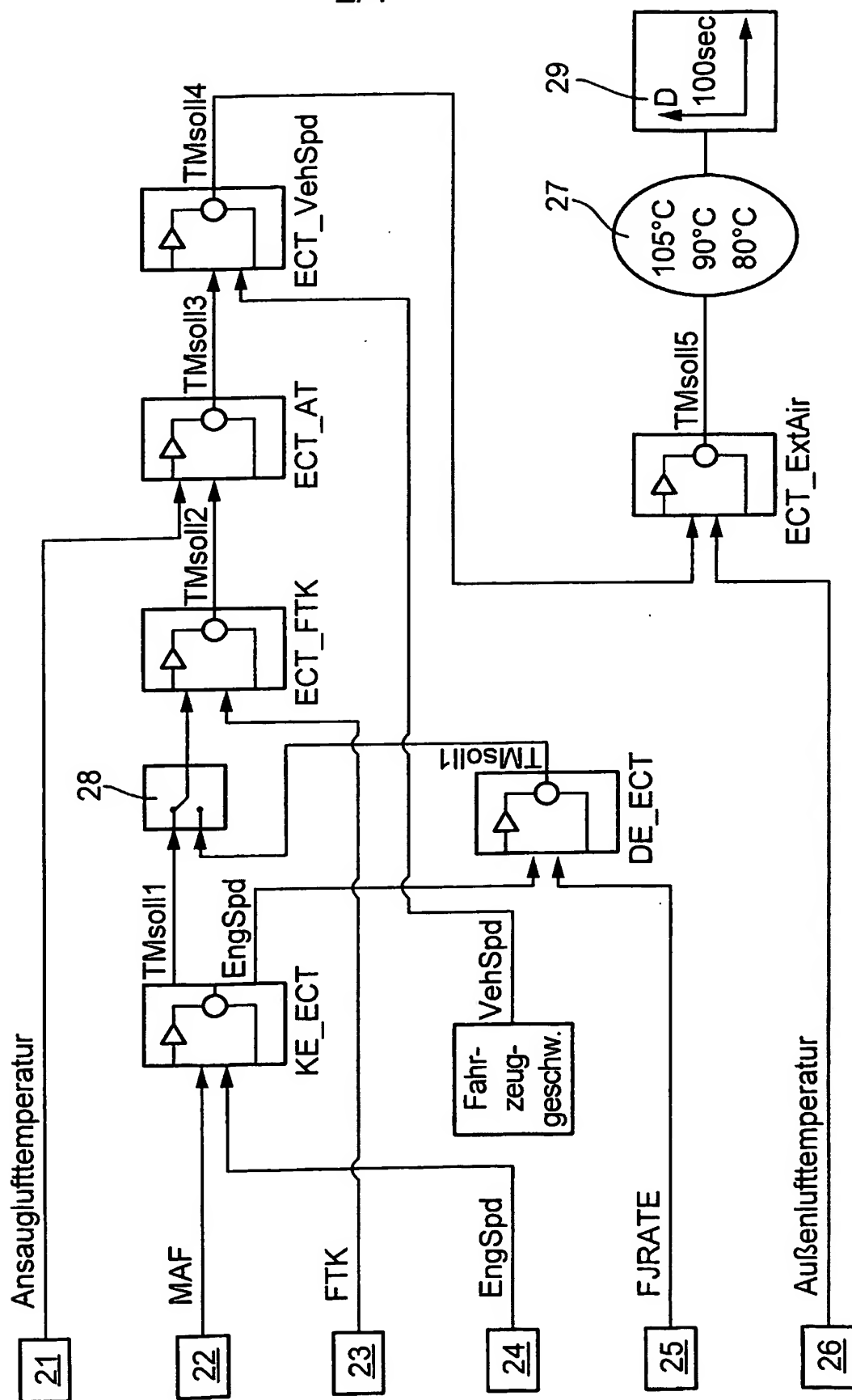


Fig. 2



3/4

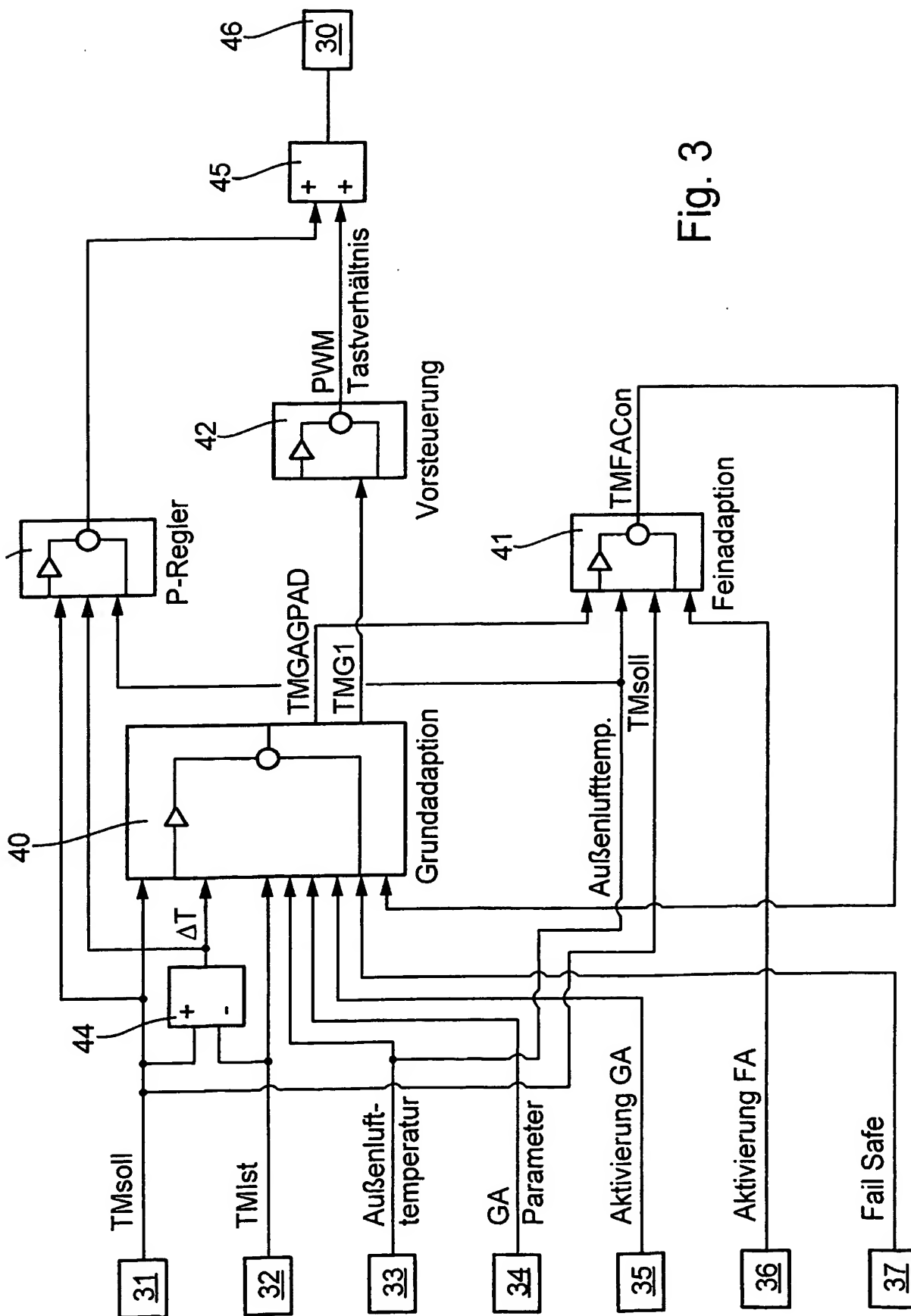


Fig. 3



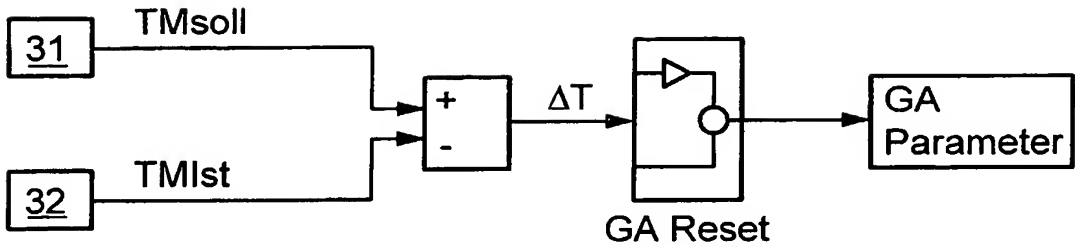


Fig. 4



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/008615

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 F01P7/16 G05D23/13

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F01P G05D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	DE 101 63 943 A (BOSCH GMBH ROBERT) 3 July 2003 (2003-07-03) paragraph '0007! paragraph '0033! - paragraph '0035!; figures 1,2	1-4,7 5
X A	WO 02/092975 A (KILGER MICHAEL ; SIEMENS AG (DE)) 21 November 2002 (2002-11-21) page 7, line 4 - page 7, line 37; figures 2,4,5	1,2,8 5,6
A	US 6 055 947 A (OKUNO TATSUJIRO) 2 May 2000 (2000-05-02) column 6, lines 1-17; figure 3	6

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*8\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 December 2004

Date of mailing of the international search report

13/12/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Luta, D



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/008615

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10163943	A	03-07-2003	DE 10163943 A1	03-07-2003
			WO 03056153 A1	10-07-2003
			EP 1461517 A1	29-09-2004
<hr/>				
WO 02092975	A	21-11-2002	DE 10123444 A1	28-11-2002
			WO 02092975 A1	21-11-2002
			EP 1387933 A1	11-02-2004
			US 2004144340 A1	29-07-2004
<hr/>				
US 6055947	A	02-05-2000	DE 19902822 A1	27-07-2000
<hr/>				



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008615

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 F01P7/16 G05D23/13		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 F01P G05D		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 101 63 943 A (BOSCH GMBH ROBERT) 3. Juli 2003 (2003-07-03)	1-4,7
A	Absatz '0007! Absatz '0033! - Absatz '0035!; Abbildungen 1,2	5
X	WO 02/092975 A (KILGER MICHAEL ; SIEMENS AG (DE)) 21. November 2002 (2002-11-21)	1,2,8
A	Seite 7, Zeile 4 - Seite 7, Zeile 37; Abbildungen 2,4,5	5,6
A	US 6 055 947 A (OKUNO TATSUJIRO) 2. Mai 2000 (2000-05-02) Spalte 6, Zeilen 1-17; Abbildung 3	6
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 6. Dezember 2004		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 13/12/2004
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Luta, D



**INTERNATIONALES RESEARCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/EP2004/008615**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10163943	A	03-07-2003	DE 10163943 A1	03-07-2003
			WO 03056153 A1	10-07-2003
			EP 1461517 A1	29-09-2004
<hr/>				
WO 02092975	A	21-11-2002	DE 10123444 A1	28-11-2002
			WO 02092975 A1	21-11-2002
			EP 1387933 A1	11-02-2004
			US 2004144340 A1	29-07-2004
<hr/>				
US 6055947	A	02-05-2000	DE 19902822 A1	27-07-2000
<hr/>				